

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-217484
 (43)Date of publication of application : 10.08.2001

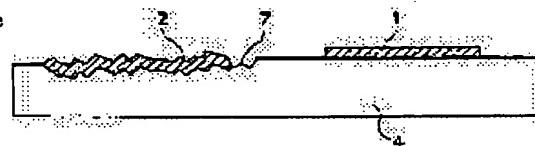
(51)Int.Cl. H01L 43/12
 G01B 7/30
 G01R 33/09

(21)Application number : 2000-028487 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP
 (22)Date of filing : 07.02.2000 (72)Inventor : AOYAMA KOJI

(54) METHOD OF MANUFACTURING FOR HUGE MAGNETIC RESISTANCE SENSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To inexpensively provide the manufacturing method of a huge magnetic resistance sensor.
SOLUTION: In the manufacturing method of the huge magnetic resistance sensor, a huge magnetic resistance element for sensing 1 and a huge magnetic resistance element for temperature compensation 2 are formed on the same substrate 4 and the huge magnetic resistance sensor is manufactured. Non-flat parts such as projecting and recessing parts and sawtooth shape are formed on the base 7 of the huge magnetic resistance element for temperature compensation 2.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-217484

(P2001-217484A)

(43)公開日 平成13年8月10日 (2001.8.10)

(51)Int.Cl.
H 01 L 43/12
G 01 B 7/30
G 01 R 33/09

識別記号
101

F I
H 01 L 43/12
G 01 B 7/30
G 01 R 33/06

マークコード(参考)
2 F 0 6 3
1 0 1 B 2 G 0 1 7
R

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2000-28487(P2000-28487)

(22)出願日 平成12年2月7日 (2000.2.7)

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 青山 浩二

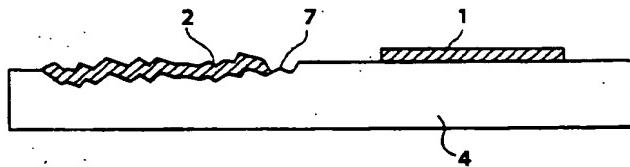
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
F ターム(参考) 2F063 AA35 CB01 CB08 DB07 DD07
GA52 GA78 HA20 LA27
2G017 AAD2 AB05 AB07 AC01 AC04
AD55

(54)【発明の名称】 巨大磁気抵抗センサ製造方法

(57)【要約】

【課題】 低コストの巨大磁気抵抗センサ製造方法を提供する。

【解決手段】 センシング用巨大磁気抵抗素子1と温度補償用巨大磁気抵抗素子2を同一基板4に形成して巨大磁気抵抗センサを製造する巨大磁気抵抗センサ製造方法において、温度補償用巨大磁気抵抗素子2の下地7に凹凸、のこぎり形状などの非平坦部を形成した巨大磁気抵抗センサ製造方法である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 センシング用巨大磁気抵抗素子と温度補償用巨大磁気抵抗素子を同一基板に形成して巨大磁気抵抗センサを製造する巨大磁気抵抗センサ製造方法において、前記温度補償用巨大磁気抵抗素子の下地に非平坦部を形成したことを特徴とする巨大磁気抵抗センサ製造方法。

【請求項2】 センシング用巨大磁気抵抗素子と温度補償用巨大磁気抵抗素子を同一基板に形成して巨大磁気抵抗センサを製造する巨大磁気抵抗センサ製造方法において、前記温度補償用巨大磁気抵抗素子のみを所定温度以上に加熱したことを特徴とする巨大磁気抵抗センサ製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ブリッジ回路などで構成する巨大磁気抵抗センサ（GMRセンサとも称す）を製造する巨大磁気抵抗センサ製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 ブリッジ回路を構成する回転角度センサに関する従来技術として、特開平3-77015号公報がある。図4により、この従来技術を説明する。図4は従来技術の回転角度センサの構成図である。

【0003】 図4に示す従来技術は、基板13の板面に付着した複数の磁気抵抗素子を接続し、これによりブリッジ回路を構成して検出用素子11と、この検出用素子11に接続され定電流を供給する定電流回路を備え、検出用素子11に対する（図示のない）シャフトの回転に伴う磁束変化によりシャフトの回転角度を検出する磁気センサ10において、検出用素子11を構成する磁気抵抗素子と同一材料の磁気抵抗素子を基板の板面に付着しかつ検出用素子11に近接して配置するとともに定電流回路に接続された温度補償用抵抗素子12を備え、温度補償用抵抗素子12の周囲温度変化に伴う抵抗値変化に応じて定電流回路の供給電流を調整した回転角度センサである。

【0004】 このような従来技術の構成によれば、検出用素子11の周囲温度が変化し、検出用素子11を構成する磁気抵抗素子の抵抗値が変化すると、温度補償用抵抗素子12の抵抗値も同様に変化する。たとえば、検出用素子11を構成する磁気抵抗素子の抵抗値が上昇し、出力が減少傾向を示すと、定電流回路のブリッジ回路に対する供給電流が増加するよう制御される。かくして、検出用素子11の出力は周囲温度に影響されることなく、回転角度のみに対応した出力となる。

【0005】 ところが、近年、磁場の強さに対しきな抵抗変化率を示す巨大磁気抵抗素子（GMR素子）が利用されるようになってきた。巨大磁気抵抗素子（GMR素子）は、従来からあった磁気抵抗素子（MR素子）と同様、外部磁場の強弱により電気抵抗値が変化する素子

であるが、磁気抵抗素子（MR素子）が5%程度の抵抗変化率（たとえば、100Ωの抵抗値の場合、磁気がかかると105Ωになる）しか得られないのに対し、巨大磁気抵抗素子（GMR素子）は20~30%程度の抵抗変化率（たとえば、100Ωの抵抗値の場合、磁気がかかると120~130Ωになる）が得られるという特性（GMR効果）を有している。図5により、従来技術の巨大磁気抵抗素子の構造を説明する。図5は従来技術の巨大磁気抵抗素子の構造の一部断面図である。

10 【0006】 巨大磁気抵抗素子（GMR素子）の素子構造としては大きく分けて人工格子型とスピニバルブ型の2種類がある。本発明は人工格子型の巨大磁気抵抗素子（GMR素子）に関するものである。図5に示すよう

に、人工格子型巨大磁気抵抗素子は基板13にNiFeを材料とするバッファ層17が形成され、バッファ層17には非磁性層15、磁性層16が順に同じ材質のものが積層されて構成されている。非磁性層15はCu、Ag、Auなどの貴金属やCrなどを材料として形成されている。Cuの場合は、厚さ2.1nmに設定される。

20 磁性層16はFe、Co、Niおよびこれらの合金を材料として形成されている。Co、CoFeなどを材料とする場合は厚さが1.2~1.6nmに設定される。非磁性層15と磁性層16を1組として20組程度積層される。Fe/Cr、Co/Cu系人工格子の場合は、60層程度までは抵抗変化率が増加する傾向を有する。

【0007】 図6により従来技術の巨大磁気抵抗素子の非磁性層の厚さに対する抵抗変化率の大きさを説明する。図6は従来技術の巨大磁気抵抗素子の非磁性層の厚さ（横軸）に対する抵抗変化率の大きさ（縦軸）を示した図である。

【0008】 図6に示すように、抵抗変化率は非磁性層の厚さに対して敏感であり、抵抗変化率は非磁性層の厚さが大きくなるにつれ、振動しながら低下していく。非磁性層の厚さを制御することにより、磁性層が相互作用により反強磁性になる。図6のP（非磁性層の厚さ1.0nm）およびQ（非磁性層の厚さ2.15nm）は磁性層が相互作用により反強磁性になる点を示す。

【0009】 図7により従来技術の巨大磁気抵抗素子の多層膜のスピニ配置の様子を説明する。図7は従来技術の巨大磁気抵抗素子の多層膜のスピニ配置を示した図である。図7(a)は外部磁界なしの場合であり、図7(b)は外部磁界ありの場合を示す。

【0010】 図7は非磁性層としてCuを厚さ2nmで形成し、磁性層としてCoを1nmで形成した実施例を示す。図7(a)に示すように、外部磁界なしの場合、磁性層の内部磁界の向きが交互に配され、磁性層が交互に磁化される。すなわち、磁性層が相互作用により反強磁性になる。この状態で、伝導電子Eの散乱を考えると、伝導電子Eが磁性層から受ける散乱は電子スピンの方向によって異なることがわかる。右向き電子スピンと

左向き電子スピンを考えると、図7(a)の場合、反平行自発磁化が交互に配されているので、磁性層の磁化方向と逆のスピン方向を持った伝導電子Eは磁性層界面で散乱させられ、いずれの伝導電子Eも1~2層の中で等しく散乱を受けることとなる。このため、電気抵抗値が大きくなる。

【0011】図7(b)のように、外部磁界がある場合、特に飽和磁界以上の場合、磁性層の内部磁界の向きがすべて一定の平行方向に揃う。この状態の場合、磁性層の磁化方向と同じスピン方向を持った伝導電子Eは散乱を受けず、散乱緩和時間で決まる平均自由行程ごとの格子散乱だけになる。このため、電気抵抗値は小さくなる。

【0012】図8により従来技術の巨大磁気抵抗素子の磁場の強さに対する抵抗変化率の大きさを説明する。図8は従来技術の巨大磁気抵抗素子の磁場の強さ(横軸)に対する抵抗変化率の大きさ(縦軸)を示した図である。

【0013】図8に示すように、外部磁界の磁場の強さが大きくなると、巨大磁気抵抗素子の電気抵抗の抵抗変化率が小さくなり、外部磁界の磁場の強さが0になると、巨大磁気抵抗素子の抵抗変化率が最大になる。

【0014】図9により従来技術の巨大磁気抵抗センサに温度補償用巨大磁気抵抗素子が必要なことを説明する。図9は従来技術の巨大磁気抵抗センサに温度補償用巨大磁気抵抗素子が必要なことを説明するための回路図である。

【0015】巨大磁気抵抗素子は周囲温度が上がれば、電気抵抗値が上昇するという特性を有するので、一定の電流を流すと、巨大磁気抵抗素子の電圧も上昇する。つまり、巨大磁気抵抗素子の電圧が変化したとき、周囲温度が変化した結果なのか外部磁界の磁場の強さの変化なのかが判定できることになる。従来技術の巨大磁気抵抗素子を利用してブリッジ回路を構成し、ブリッジ回路を備えた回転センサを考えると、周囲温度の影響を除去することが必要になる。

【0016】そこで、巨大磁気抵抗素子と同じ温度特性でかつ磁界によって抵抗変化率が変化しない素子を回路に組み合わせることが必要になる。図9により、以下に説明する。

【0017】図9は、センシング用巨大磁気抵抗素子と温度補償用巨大磁気抵抗素子を回路内に直列接続した例である。センシング用巨大磁気抵抗素子の抵抗値をR1とし温度係数を α とする。温度補償用巨大磁気抵抗素子の抵抗値をR2とし温度係数を α とする。センシング用巨大磁気抵抗素子と温度補償用巨大磁気抵抗素子と直列に定電源V0が接続される。さらに、温度補償用巨大磁気抵抗素子に並列に電圧計Vが接続される。周囲温度を基準温度T0とし、ある時の温度をTとすると、ある温度Tでの電圧Vは、 $V = R2 \times \alpha \times (T - T0) \times V0$

$/ |R1 \times \alpha \times (T - T0) + R2 \times \alpha \times (T - T0)|$ となるので、 $V = R2 / (R1 + R2)$ となり、温度と関係なく、磁気の変化による電気抵抗値の変化を読み取ることができる。なお、センシング用巨大磁気抵抗素子または温度補償用巨大磁気抵抗素子の一方が外部磁界によって抵抗変化率が変化し、他方が外部磁界によって抵抗変化率が変化しない特性を有する必要があることは詳しく説明するまでもない。他方が外部磁界によって抵抗変化率が変化しない特性を有するよう設定しないと、外部磁界がかかっても、電圧Vが変化しなくなり、外部磁界の磁場の強さを検出することができなくなるためである。

【0018】図10により従来技術の巨大磁気抵抗センサ製造方法により製造された巨大磁気抵抗センサを説明する。図10は従来技術の巨大磁気抵抗センサ製造方法により製造された巨大磁気抵抗センサの概念図である。図10に示すように、巨大磁気抵抗センサは基板13にセンシング用巨大磁気抵抗素子18と温度補償用巨大磁気抵抗素子14を形成することにより構成されている。温度補償用巨大磁気抵抗素子14には磁気シールド膜19が覆われている。この温度補償用巨大磁気抵抗素子14は外部磁界によって抵抗変化率が変化する特性を有するものであるが、その特性を滅殺するため温度補償用巨大磁気抵抗素子14を磁気シールド膜19で覆うようにしている。温度補償用巨大磁気抵抗素子14による外部磁界によって抵抗変化率が変化する特性を滅殺するためには、透磁率の高い軟磁性膜である磁気シールド膜19を温度補償用巨大磁気抵抗素子14に厚く成膜する必要がある。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】ところが、従来技術のように、透磁率の高い軟磁性膜である磁気シールド膜19を温度補償用巨大磁気抵抗素子14に厚く成膜するためには、加熱することが必要であるが、この加熱時に、巨大磁気抵抗センサ全体を加熱してしまい、その加熱によりセンシング用巨大磁気抵抗素子18と温度補償用巨大磁気抵抗素子14の外部磁界によって抵抗変化率が変化する特性を劣化させてしまうという問題が発生する。

【0020】本発明は、上記の問題を解決するために、温度補償用巨大磁気抵抗素子自体に外部磁界によって抵抗変化率が変化する特性を発生させないようにする巨大磁気抵抗センサ製造方法を提供することを目的にしたものである。

【0021】

【課題を解決するための手段】前述の目的を達成するために、請求項1の発明は、センシング用巨大磁気抵抗素子と温度補償用巨大磁気抵抗素子を同一基板に形成して巨大磁気抵抗センサを製造する巨大磁気抵抗センサ製造方法において、前記温度補償用巨大磁気抵抗素子の下地に非平坦部を形成したことを特徴とする巨大磁気抵抗セ

ンサ製造方法である。

【0022】前述の目的を達成するために、請求項2の発明は、センシング用巨大磁気抵抗素子と温度補償用巨大磁気抵抗素子を同一基板に形成して巨大磁気抵抗センサを製造する巨大磁気抵抗センサ製造方法において、前記温度補償用巨大磁気抵抗素子のみを所定温度以上に加熱したことを特徴とする巨大磁気抵抗センサ製造方法である。

【0023】

【発明の実施形態】本発明の実施形態を図に基づき説明する。図1により本発明の第1実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法を説明する。図1は本発明の第1実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法により製造された巨大磁気抵抗センサの概念図である。

【0024】本発明の第1実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法は、外部磁界によって抵抗変化率が変化しない特性を發揮させるために、図6で説明した巨大磁気抵抗素子の非磁性層の厚さに対する抵抗変化率の大きさの特徴を利用している。すなわち、巨大磁気抵抗素子の磁性層が反強磁性的になるのは、図6のPやQなど非磁性層の厚さの範囲が微小な範囲に限定される。そこで、本発明の第1実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法は、図1に示すように、温度補償用巨大磁気抵抗素子2の下地7にSiO₂などの絶縁膜を表面が数十nm~100nmの凹凸になるよう凹凸形状を形成したり、またはその表面を傾斜させたりして、下地7に非平坦部を形成する。

【0025】さらに具体的に説明すると、凹凸などの非平坦部を形成する部分のみ開口しているメタルマスクをウエハにセットし、サンドプラスなどで物理的に表面を荒らす。これにより、温度補償用巨大磁気抵抗素子2の下地7に凹凸形状を形成することができる。

【0026】以上説明したように、下地7に非平坦部を形成した後、非磁性層、磁性層から構成される人工格子膜を成膜し、パターン形成を行って温度補償用巨大磁気抵抗素子2を基板4に形成する。さらに基板4には、センシング用巨大磁気抵抗素子1が形成される。温度補償用巨大磁気抵抗素子2とセンシング用巨大磁気抵抗素子1により巨大磁気抵抗センサが構成される。

【0027】本発明の第1実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法によれば、温度補償用巨大磁気抵抗素子2の下地7に凹凸形状を形成したり、傾斜させたりして、下地7に非平坦部を形成するという簡単な工程で外部磁界によって抵抗変化率が変化しない特性を持たせることができるので、コストの低い巨大磁気抵抗センサ製造方法を提供することができる。

【0028】図2により本発明の第2実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法を説明する。図2は本発明の第2実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法により製造された巨大磁気抵抗センサの概念図である。

【0029】本発明の第2実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法も第1実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法と同様、外部磁界によって抵抗変化率が変化しない特性を發揮させるために、図6で説明した巨大磁気抵抗素子の非磁性層の厚さに対する抵抗変化率の大きさの特徴を利用している。すなわち、巨大磁気抵抗素子の磁性層が反強磁性的になるのは、図6のPやQなど非磁性層の厚さの範囲が微小な範囲に限定される。本発明の第2実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法は、図2に示すように、温度補償用巨大磁気抵抗素子3の下地7をアルカリエッティングなどによりのこぎり形状にする。すなわち、下地7にのこぎり形状のような非平坦部を形成する。図2において、のこぎり形状の角度を45.7°。前後に設定し、センシング用巨大磁気抵抗素子1と温度補償用巨大磁気抵抗素子3を同時に成膜すると、センシング用巨大磁気抵抗素子1の非磁性層の厚さ2.1nmに対し、温度補償用巨大磁気抵抗素子3の非磁性層の厚さ1.5(2.1×cos 45.7°)nmになる。その結果、図6から明らかのように、センシング用巨大磁気抵抗素子1は外部磁界によって抵抗変化率が変化する特性を有し、温度補償用巨大磁気抵抗素子3は外部磁界によって抵抗変化率が変化しない特性を有することになる。

【0030】のこぎり形状の製造方法について、さらに具体的に説明すると、結晶方位(100)のSiウェハをアルカリエッティングすると、結晶軸方向のエッティングレートの差により(111)面ができる。この角度は54.7°であるが、非磁性層の厚さが1.27nmになり、ほぼ抵抗変化率を0にすることができる。正確に45.7°にするには、ウェハの切り出し角を調整して行う。

【0031】以上説明したように、下地7にのこぎり形状のような非平坦部を形成した後、非磁性層、磁性層から構成される人工格子膜を成膜し、パターン形成を行って温度補償用巨大磁気抵抗素子3を基板4に形成する。さらに基板4には、センシング用巨大磁気抵抗素子1が形成される。温度補償用巨大磁気抵抗素子3とセンシング用巨大磁気抵抗素子1により巨大磁気抵抗センサが構成される。

【0032】本発明の第2実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法によれば、下地7にのこぎり形状を形成したりして、下地7に非平坦部を形成するという簡単な工程で外部磁界によって抵抗変化率が変化しない特性を持たせることができるので、コストの低い巨大磁気抵抗センサ製造方法を提供することができる。

【0033】図3により本発明の第3実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法を説明する。図3は本発明の第3実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法により製造された巨大磁気抵抗センサの概念図である。

【0034】本発明の第3実施形態にかかる巨大磁気抵

抗センサ製造方法は、外部磁界によって抵抗変化率が変化しない特性を發揮させるために、非磁性層と磁性層の原子を相互拡散させる方法である。すなわち、図7で説明した巨大磁気抵抗素子の多層膜のスピニ配置を乱し、外部磁界によって抵抗変化率が変化する特性を劣化させるものである。

【0035】さらに具体的に説明すると、図3に示すように、基板4に形成されている温度補償用巨大磁気抵抗素子3のみをレーザなどにより局所的に加熱する。加熱温度は300℃以上が望ましい。この加熱により、非磁性層5と磁性層6の原子を相互拡散させ、非磁性層5と磁性層6の境界を無くし、外部磁界によって抵抗変化率が変化する特性を劣化させる。

【0036】センシング用巨大磁気抵抗素子を基板に形成するとともにセンシング用巨大磁気抵抗素子に近接して温度補償用巨大磁気抵抗素子3を基板4に形成し、温度補償用巨大磁気抵抗素子3のみを加熱することにより巨大磁気抵抗センサが構成される。

【0037】本発明の第3実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法によれば、温度補償用巨大磁気抵抗素子3のみをレーザなどにより局所的に加熱するという簡単な工程で外部磁界によって抵抗変化率が変化しない特性を持たせることができるので、コストの低い巨大磁気抵抗センサ製造方法を提供することができる。

【0038】

【発明の効果】請求項1の発明は、センシング用巨大磁気抵抗素子と温度補償用巨大磁気抵抗素子を同一基板に形成して巨大磁気抵抗センサを製造する巨大磁気抵抗センサ製造方法において、前記温度補償用巨大磁気抵抗素子の下地に非平坦部を形成したことを特徴とする巨大磁気抵抗センサ製造方法であるので、コストの低い巨大磁気抵抗センサ製造方法を提供することができるという優れた効果を奏する。

【0039】請求項2の発明は、センシング用巨大磁気抵抗素子と温度補償用巨大磁気抵抗素子を同一基板に形成して巨大磁気抵抗センサを製造する巨大磁気抵抗センサ製造方法において、前記温度補償用巨大磁気抵抗素子のみを所定温度以上に加熱したことを特徴とする巨大磁気抵抗センサ製造方法であるので、コストの低い巨大磁気抵抗センサ製造方法を提供することができるという優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法により製造された巨大磁気抵抗センサの概

念図である。

【図2】本発明の第2実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法により製造された巨大磁気抵抗センサの概念図である。

【図3】本発明の第3実施形態にかかる巨大磁気抵抗センサ製造方法により製造された巨大磁気抵抗センサの概念図である。

【図4】従来技術の回転角度センサの構成図である。

【図5】従来技術の巨大磁気抵抗素子の構造の一部断面図である。

【図6】従来技術の巨大磁気抵抗素子の非磁性層の厚さに対する抵抗変化率の大きさを示した図である。

【図7】従来技術の巨大磁気抵抗素子の多層膜のスピニ配置を示した図である。

【図8】従来技術の巨大磁気抵抗素子の磁場の強さに対する抵抗変化率の大きさを示した図である。

【図9】従来技術の巨大磁気抵抗センサに温度補償用巨大磁気抵抗素子が必要なことを説明するための回路図である。

【図10】従来技術の巨大磁気抵抗センサ製造方法により製造された巨大磁気抵抗センサの概念図である。

【符号の説明】

1 ……センシング用巨大磁気抵抗素子（センシング用GMR素子）

2 ……温度補償用巨大磁気抵抗素子（温度補償用GMR素子）

3 ……温度補償用巨大磁気抵抗素子（温度補償用GMR素子）

4 ……基板

5 ……非磁性層

6 ……磁性層

7 ……下地

10 ……磁気センサ

11 ……検出用素子

12 ……温度補償用抵抗素子

13 ……基板

14 ……温度補償用巨大磁気抵抗素子（温度補償用GMR素子）

15 ……非磁性層

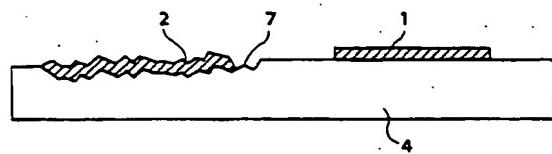
16 ……磁性層

17 ……バッファ層

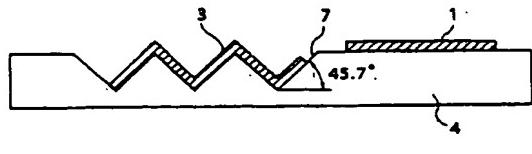
18 ……センシング用巨大磁気抵抗素子（センシング用GMR素子）

19 ……磁気シールド膜

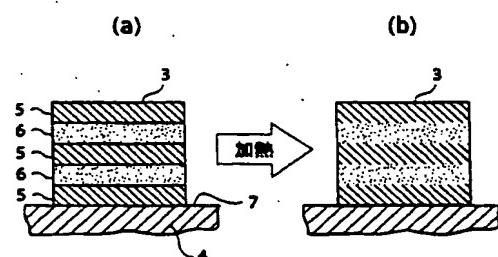
【図1】



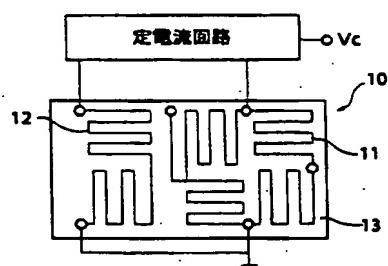
【図2】



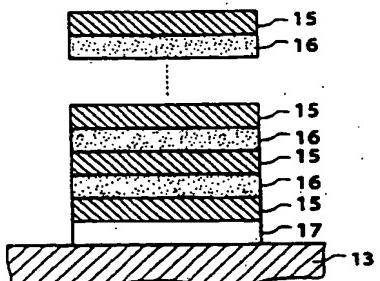
【図3】



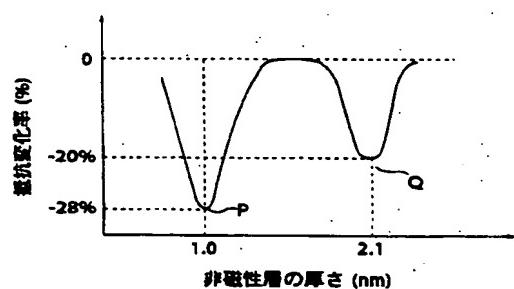
【図4】



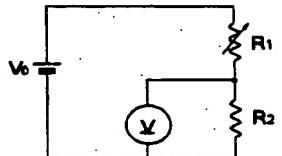
【図5】



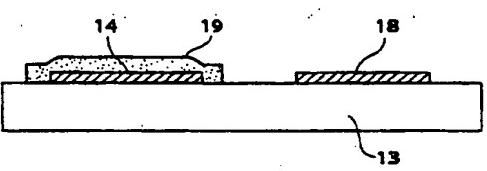
【図6】



【図9】

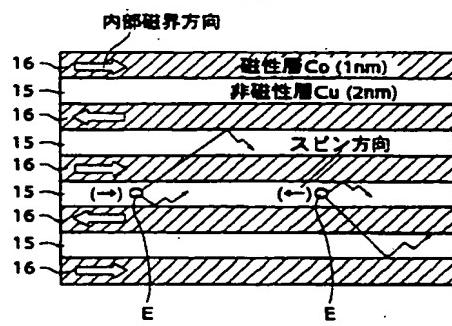


【図10】

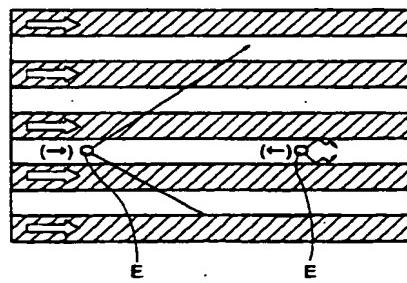


【図7】

(a)



(b)



【図8】

